



Technische
Universität
Braunschweig

Universitätsbibliothek
Braunschweig

Digitale Bibliothek Braunschweig
Publikationsserver der TU Braunschweig

Autor: Rolf Kloss

Titel: Aguas residuales producias por mataderos y la industria de produccion de cerdos. Substratos muy contaminados con altos porcentajes de materials solidos gruesos en suspension

Institut: Institut für Technologie, Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft, 1988

Elektronisch veröffentlicht am: 14.05.2012

url: <http://www.digibib.tu-braunschweig.de/?docid=00043095>

Ursprünglich erschienen in:

Biogas Seminar Lateinamerika und Karibik, Cali, Kolumbien 20. – 24.6.1988. Hrsg.
GTZ Eschborn

Kloss, Rolf.

AGUAS RESIDUALES PRODUCIDAS POR MATADEROS Y LA INDUSTRIA DE PRODUCCION DE CERDOS

SUBSTRATOS MUY CONTAMINADOS CON ALTOS PORCENTAJES DE MATERIALES SOLIDOS GRUESOS EN SUSPENSION

1.- Características de los sustratos

Las aguas residuales producidas por mataderos y la industria de producción de cerdos son aguas altamente contaminadas, conformadas básicamente por compuestos orgánicos, que en su mayoría están presentes en forma de materia orgánica sólida no disuelta.

1.1 Aguas residuales de la Industria de producción de cerdos

Las características del estiércol líquido de cerdos pueden describirse mediante los siguientes parámetros:

- Contenido de materia orgánica seca = 6 - 9%
- Demanda Química de Oxígeno total = 100.000 - 150.000 mg/l

La cantidad generada y las cargas contaminantes pueden tomarse de la tabla 1.

Tabla No.1 Cantidad diaria de sustrato, materia seca y materia orgánica seca por animal adulto (AA) en una empresa porcícola según /1/; (1AA tiene un peso vivo de 500 Kg).

Clase de animal	Cantidad diaria de sustrato (fresco) Kg/AA . d	Cantidad diaria de sólidos total Kg/AA . d	Cantidad diaria de sólidos volátiles Kg/AA . d
Cerdos	37	3.1	2.5

Estos valores varían según el tipo de alimentación que el animal recibe, y aun en mayor grado según los métodos de estabulación que se tenga.

En Colombia debe tenerse en cuenta además un volumen diario de agua de lavado de 400 - 800 Kg por animal adulto (AA) lo cual produce una considerable dilución del estiércol de los cerdos reduciendo la concentración de la DQO a niveles alrededor de 5.000 - 7.000 mg/l.

Según los estudios de VAN VELSEN/2 (figura 1) sólo el 50% de la DQO, como máximo, es transformable en metano porcentaje que se ha confirmado en ensayos propios en el laboratorio.

Al terminar el proceso de la fermentación anaeróbica, el 35% de la DQO inicial está constituido por materias sólidas no disueltas, mientras que el resto consta de masa bacteriana y sólidos disueltos.

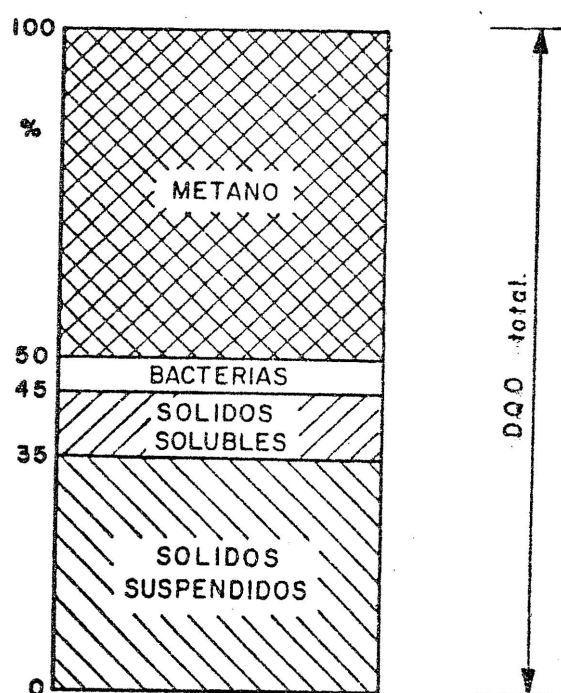
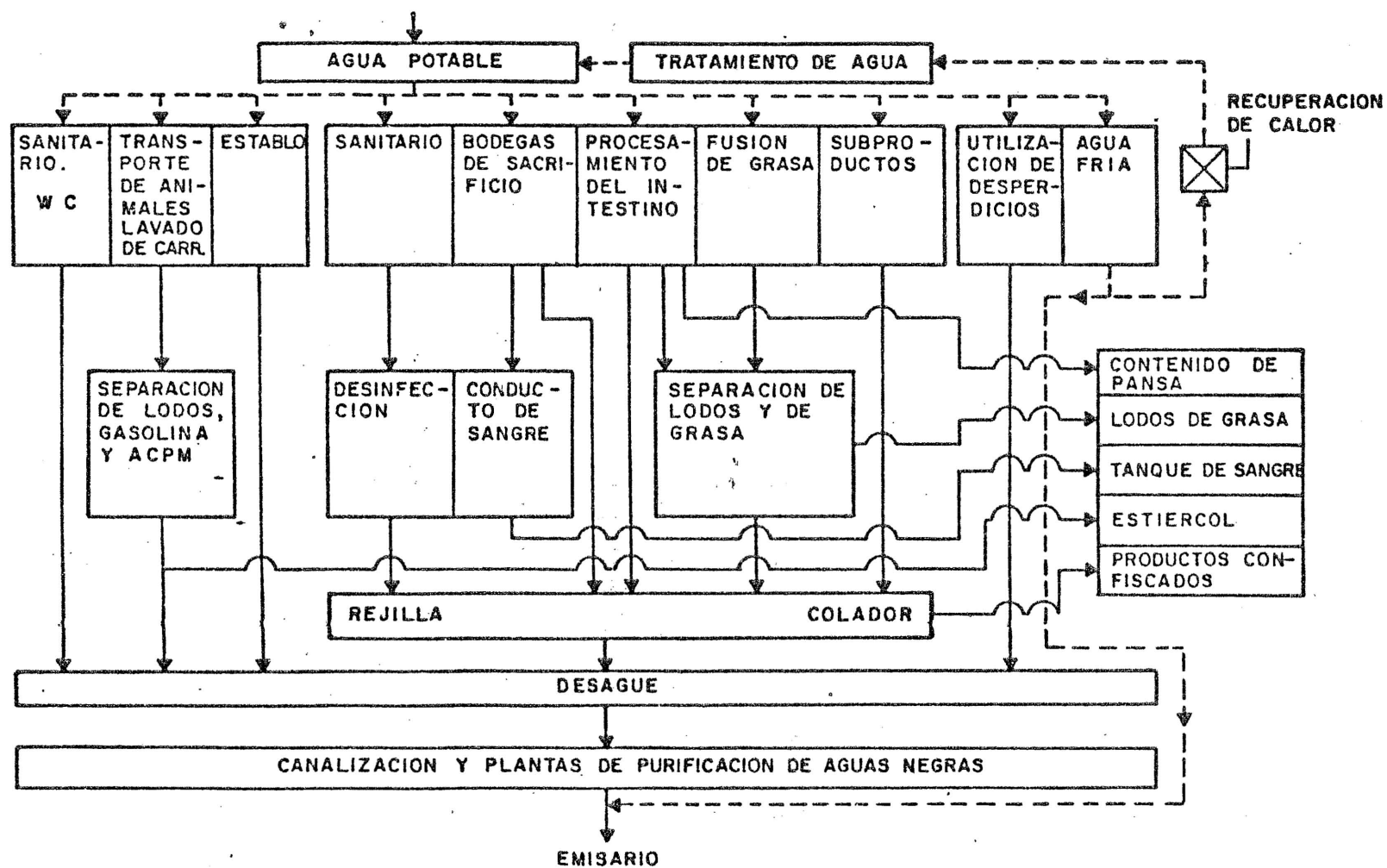


FIGURA No.1: Degradación de la Demanda Química de Oxígeno en el volumen del afluente por el proceso anaeróbico en una planta de biogas a metano, sólidos suspendidos, sólidos solubles y masa de bacterias; según VAN VELSEN /2/
Substrato: estiércol de cerdos

1.2 Aguas residuales producidas en mataderos

Características y cantidades de las aguas residuales producidas en mataderos dependen en sumo grado de la organización del establecimiento. De acuerdo con el proceso instalado se genera aguas residuales en los más diversos sitios de la producción, (Figura 2) según /3/.

FIGURA No.2: Diagrama de flujo del proceso y vertimiento en un matadero. Según/3/



En el área de sacrificio se genera 2-4 m³ de agua residual por animal adulto (AA); las concentraciones de la DQO oscilan entre 30.000 y 17.000 mg/l. Tal como se observó en el caso del estiércol de cerdos, el agua residual de los mataderos contiene un alto porcentaje de sólidos orgánicos que están presentes en forma de suspensión y sólo permiten una degradación anaeróbica parcial.

2.- Descripción del problema

Debido a los largos tiempos de retención que los tratamientos anaeróbicos en un digestor bien mezclado de flujo continuo necesita para la degradación de los sustratos mencionados, se requiere volúmenes e inversiones comparativamente altos y las bajas concentraciones aplicadas ocasiona bajos rendimientos en la producción de gas metano por volumen de digestor.

Esto significa, que para aguas de este tipo, la relación entre el metano generado por la planta y los costos de inversión es desfavorable. Esto hace que el tratamiento anaeróbico con una planta de flujo continuo bien mezclada no sea económicamente interesante. De ahí, que estas aguas no fueran tratadas anaeróbicamente en mayor proporción, excepto en plantas experimentales.

En los últimos años se lograron numerosos avances en el tratamiento anaeróbico de aguas con cargas contaminantes orgánicas. Se desarrolló un proceso de tratamiento anaeróbico intensivo que permite reducir los tiempos de retención a pocos días u horas y con ello el volumen de digestor y las inversiones requeridas. Este procedimiento ha sido aplicado con éxito en escala real para el tratamiento de las más diversas clases de aguas residuales en una creciente aceptación.

Se planteará el problema y se preguntará si estos nuevos conocimientos posibilitan el tratamiento anaeróbico de los sustratos en cuestión mediante reactores del nuevo tipo, a escala técnica y económica.

La aplicación de los avances obtenidos en el tratamiento anaeróbico a las aguas residuales que aquí interesan, se enfrentan sin embargo a considerables problemas hasta la fecha. El proceso de tratamiento anaeróbico intensivo se ha implementado para aguas con altos porcentajes de materia orgánica

disuelta o al menos fácilmente degradable por hidrólisis, sin embargo las aguas residuales de mataderos y empresas porcícolas poseen un alto contenido de sólidos orgánicos insolubles que están presentes en forma de suspensión y sólo son degradables parcialmente.

Si estas aguas se aplican sin tratamiento previo a los digestores de lecho fijo, el porcentaje de sólidos que no es degradable anaeróbicamente después de cierto tiempo de funcionamiento, forman puentes entre las paredes de los materiales de soporte ocasionando obstrucciones en las secciones de paso.

Al aplicar estas aguas en procesos anaeróbicos con lodos activados o plantas en flujo ascendente con retención de lodo, se presenta dos problemas:

El porcentaje sólido inerte capaz de sedimentarse se acumula en el lodo, reduciendo así la masa orgánica que es biológicamente activa en el digestor, lo cual disminuye el rendimiento de estos reactores.

Otro factor negativo consiste en la tendencia especialmente de las materias sólidas frescas no disueltas de reducir su peso específico, formando gas, que es parcialmente incluido en la materia sólida, o adherido a la superficie.

Como se comprobó en mediciones propias los sólidos no disueltos caen normalmente con una velocidad de 3-4 m/h al fondo de la planta; con burbujas de gas adheridas suben a la superficie con una velocidad hasta de 300 m/h. Este comportamiento afecta la sedimentación del lodo permitiendo que continuamente se elimine lodo fresco del sistema, lo cual impide una acumulación satisfactoria de la masa biológica en el digestor. Además de estos problemas, se forman capas flotantes afectando la eficiencia de los reactores.

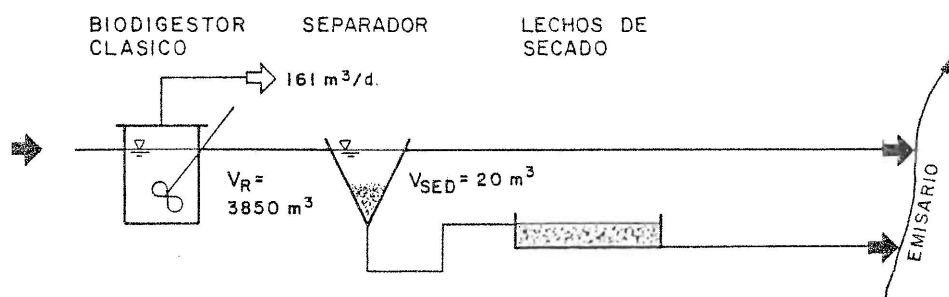
Por las anteriores razones no se recomienda para el tratamiento de las aguas residuales en cuestión la implementación del proceso anaeróbico intensivo.

3.- Pautas para una posible solución

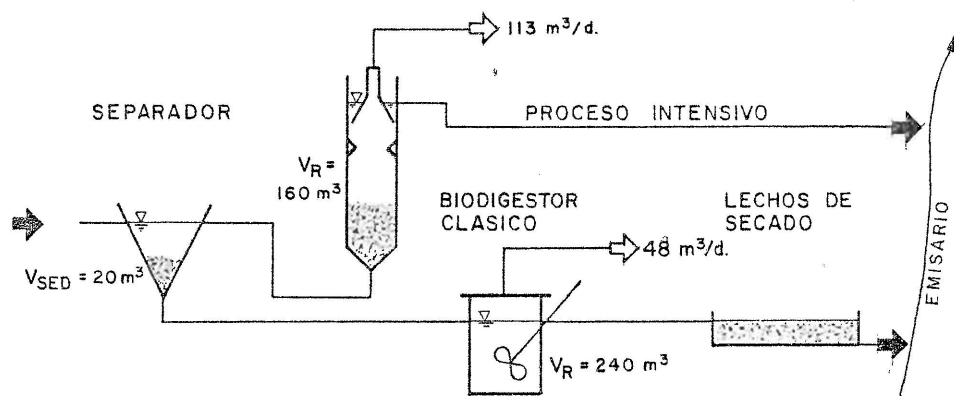
Para solucionar estos problemas, se desarrolló entonces otro concepto de tratamiento.

Se estudian dos alternativas (Figura 3)

• PLANTA BIEN MEZCLADA CON FLUJO CONTINUO



• ALTERNATIVA A



• ALTERNATIVA B

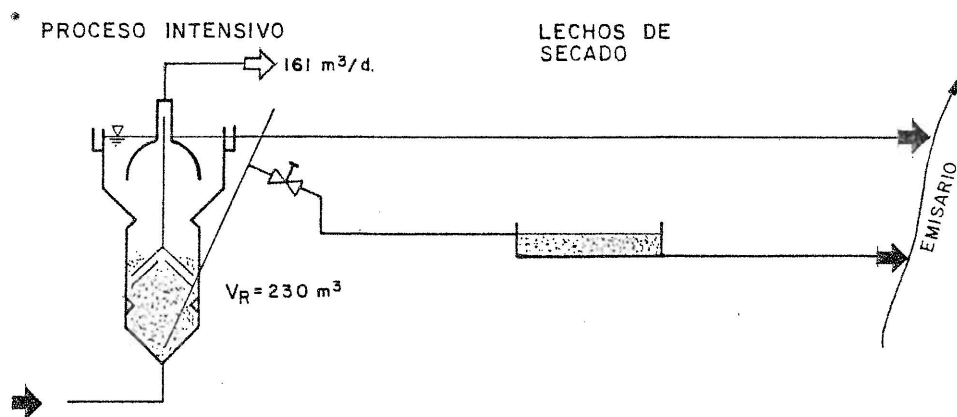


FIGURA No.3: Alternativas de tratamiento estudiadas para aguas residuales producidas en matadero y en la industria de producción de cerdos.

3.1 Alternativa A

La primera alternativa ofrece una solución parcial del problema de estas aguas. Contempla la conducción de las aguas residuales, a un tanque de sedimentación, donde se separa gran parte de los sólidos gruesos en suspensión en forma de lodo.

Estos lodos, que poseen una concentración de sólidos de más de 7% pueden ser tratados con métodos anaeróbicos, sin problemas técnicos de proceso. Como modelo de tratamiento puede servir el proceso de la planta bien mezclado con flujo continuo y sus diferentes formas constructivas. /4/

En este caso, sin embargo, no se trata sino de una solución parcial del conjunto de problemas, dado que de acuerdo con la composición del agua residual sólo el 50% de la carga contaminante degradable por fermentación anaeróbica puede ser separado en forma de lodos y transformados en biogas; el resto permanece en el sobrenadante del tanque de sedimentación. El sobrenadante contiene gran parte de compuestos orgánicos disueltos los cuales se pueden tratar mediante el proceso anaeróbico intensivo ya mencionado.

El tratamiento de estos sobrenadantes aún no se ha investigado con aguas residuales de la industria de cerdos, en cambio para aguas residuales de mataderos se construyeron en varios lugares las primeras plantas pilotos/5/.

3.2 Alternativa B

Como segunda alternativa entra en consideración un tratamiento directo del agua residual cruda en un digestor desarrollado por el autor, en el marco de trabajos de investigación de varios años, patrocinados por la fundación Oswald Schulze. Es muy probable que este reactor pueda emplearse también para el tratamiento de las aguas residuales con cargas disueltas, antes mencionadas, que salen en el sobrenadante del tanque de sedimentación.

Se estima que cualesquiera de las dos alternativas descritas, permiten eliminar hasta un 80% de la DQO degradable anaeróbicamente y según la composición del substrato, más del 50% de la DQO total, convirtiéndola en biogas, recurso energético de alta calidad.

4.- Ejemplo práctico de diseño y dimensionamiento

Un ejemplo de cálculo puede ilustrar las posibilidades, que actualmente se ofrecen con el fin de comparar ambos resultados con los datos de una planta convencional de flujo continuo.

No se discutirán todos los detalles, del dimensionamiento, sino los problemas más esenciales.

Se tomarán además en algunos casos valores estimados que no están comprobados por la práctica.

-Criterios básicos

Objeto del análisis será una industria de producción de 2000 cerdos equivalentes a 260 animales adultos (AA).

Las aguas residuales producidas en esta empresa se aproximan en volumen y cargas contaminantes a las de un matadero de una matanza promedio de 20 cabezas de animales adultos por día.

Según tabla 1, estos datos básicos dan como resultado un volumen de afluente de $77 \text{ m}^3/\text{d}$, con una concentración de DQO degradable por métodos anaeróbicos de aproximadamente 5.97 Kg/m^3 , de esta manera la degradación de la carga orgánica en DQO es de 460 Kg/d , con una posible generación diaria de metano de 161 m^3 .

-Planta bien mezclada de flujo continuo

•El dimensionamiento de una planta de flujo continuo se basa en un tiempo de retención t_R óptimo de 25 días, siempre y cuando la planta funciona a una temperatura promedio de 30°C ; suponiendo las temperaturas ambientales tropicales de 20°C , según figura 5 del artículo anterior /4/, el tiempo de retención se prolonga por el factor $a_{t_R} = 2$, a causa de una velocidad de reacción considerablemente inferior a la que se presenta a 30°C

De acuerdo con la ecuación 1, se calcula el volumen del digestor a continuación:

$$\begin{aligned} V_R &= t_{R,30} \times a_{t_R} \times \dot{V}_S \\ &= 25 \times 2 \times 77 \\ &= 3.850 \text{ m}^3 \end{aligned} \quad (1)$$

Quiere decir, que la planta requiere de un volumen de digestor de 3.850 m^3 . Si se desea reducir más la DQO después de la degradación anaeróbica, debe instalarse un tanque de sedimentación posterior con un volumen de aproximadamente de 20 m^3 . La producción de metano asciende en este caso a $161 \text{ m}^3/\text{d}$.

-Alternativa A

En cambio, si en lugar de un tanque de sedimentación posterior al biodigestor: clasico se tiene un proceso de sedimentación antes del tratamiento anaeróbico como se propone en la alternativa A, se obtiene en los lodos y sobrenadantes los volúmenes, cargas de DQO y producción de gas metano, indicadas en figura 4.

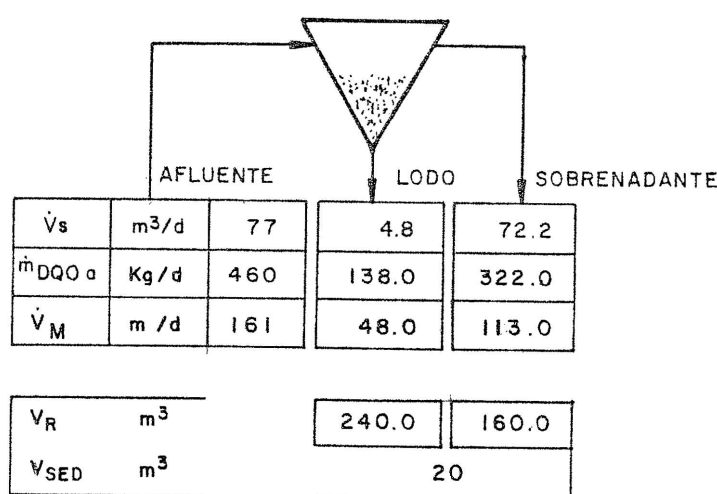


FIGURA No.4 Volúmenes, carga DQO y producción de metano afluyente y efluente de tanque sedimentador; alternativa A

Para el tratamiento de los lodos se plantea un reactor de flujo continuo, cuyo volumen se calcula con base en la ecuación 1.

$$V_R = 4.8 \times 2 \times 25$$

$$V_R = 240 \text{ m}^3$$

Las dimensiones del reactor anaeróbico intensivo para el tratamiento del sobrenadante del tanque de sedimentación se calcula según /4/ con base en la carga volumétrica, o sea:

$$V_R = a_{\mu_R} \times \dot{V}_S \times c_{DQO_a} / B_{R,DQO_a} = a_{\mu_R} \times \dot{m}_{DQO_a} / B_{R,DQO_a} \quad (2)$$

Con base en valores empíricos, el agua residual debería tener una buena degradabilidad con una carga volumétrica de $B_{R,DQO} = 4 \text{ Kg/m}^3 \cdot \text{d}$ a 30°C , según ecuación 2 resulta un volumen de digestor de $2 \times 322/4 = 160 \text{ m}^3$ con tiempo de retención promedio t_R de dos(2) días. En la figura 4 se presenta un resumen de los resultados.

-Alternativa B

La alternativa B parte de la premisa, que el tipo de reactor elegido puede funcionar también con una carga volumétrica de $4 \text{ Kg/m}^3 \cdot \text{día}$ a una temperatura de proceso de 30°C , lo cual según ecuación (2), da como resultado un volumen $V_R = 2 \times 460/4 = 230 \text{ m}^3$

5.- Resumen y Conclusiones

Tabla No.2: Volúmenes de las unidades de tratamiento y producción de metano en cada una de las alternativas.

<u>PROCESO</u>		<u>V O L U M E N E S</u>		
		Tanque de sedimentación (m^3)	Digestores (m^3)	Producción de metano (m^3/d)
Planta de flujo continuo		20	3,850	161
Alternativa A	Lodo	20	240	48
	Sobrenadante	-	160	113
	Total	20	400	161
Alternativa B		0	230	161

La tabla demuestra claramente que la implementación de procesos alternos pueden reducir considerablemente el volumen del digestor, frente a una planta de flujo continuo, lo cual trae como consecuencia una reducción en los costos de construcción.

Es importante anotar que el planteamiento anterior es válido, si los valores supuestos tomados como base en los cálculos, son comprobados.

Es de suponer que la producción de metano y con ello el nivel de degradación de la DQO, en todas las alternativas es igual. Puesto que en todas las variantes presentadas, se eliminan también los sólidos sedimentables, es decir que el grado de tratamiento total en relación a parámetros diferentes a la DQO también es comparable.

En resumen los resultados de las alternativas A y B señalan sin lugar a dudas el camino a seguir en el esfuerzo de tratar con métodos anaeróbicos, substratos de la naturaleza descrita.

Con el fin de formarse un concepto valedero fundado en las alternativas analizadas, el Convenio Colombo-Aleman de Biogas inició para la realización de la alternativa A diversos trabajos de planeación y construcción en tres establecimientos de cría intensiva de cerdos, con el objetivo de realizar en primera instancia del tratamiento de lodos, conformado por un tanque de sedimentación, espesador y digestor anaeróbico.

Para la evaluación y comprobación de la segunda alternativa, se planeó y construyó una pequeña planta piloto, con un volumen de digestor de aproximadamente 7 m^3 . Esta ubicada en el terreno de un matadero rural el cual, además de aguas residuales y desechos propios, produce aguas diluidas de una marranera y una casa de 20 personas. El gas de la planta es utilizado principalmente en la cocina. En el caso de obtener resultados de funcionamiento positivos, se ha previsto la construcción de una planta a escala técnica mayor para fines de demostración.

Referencias:

- /1/ Kloss, Rolf.
Planung von Biogasanlagen nach technisch-wirtschaftlichen
Kriterien
Munchen (Germany, F.R.); (1986), 285 p., ISBN 3-486-26136-3

- /2) Velsen, A.F.M. van
Anaerobic Digestion of piggery wastes
The Hague (Netherlands); (1983)

- /3/ ATV-Fachausschub 7.2
Merkblatt-Entwurf Abwasser
aus Schlacht- und Fleischverarbeitungsbetrieben
(Fassung: Juni 1985)

- /4/ Kloss, Rolf.
Procesos anaeróbicos intensivos
(En este tomo)